

# Foundations

1

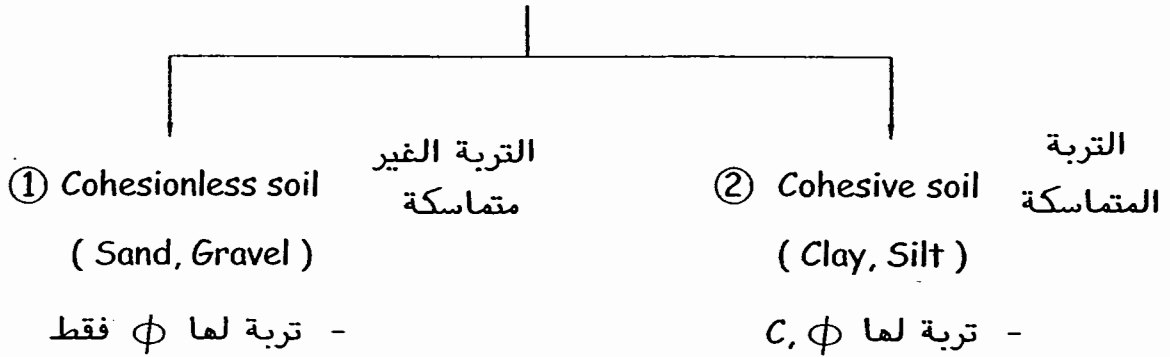
Revision

+

Introduction to  
Shallow Foundations

## ✱ Quick Revision ✱

### Types of soil :-



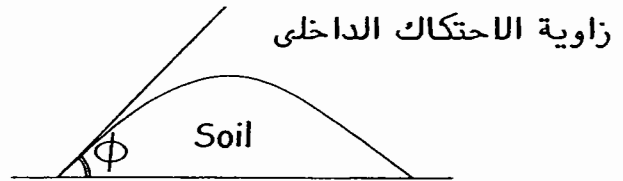
- تعتبر الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks اصل التربة الغير متماسكة والتربة المتماسكة وتنتيجة العوامل الجوية وعوامل التعرية تحولت الى (Clay, Silt, Sand and Gravel).
- يمكن التفرقة بين التربة الغير متماسكة والتربة المتماسكة عن طريق اختبار المناخل (Sieve Analysis) حيث ان اى تربة تمر من خلال منخل رقم #200 تعتبر تربة متماسكة.

Where :-

$C$  : Cohesion Strength (Kpa, KN/m<sup>2</sup>) مقاومة التماسك بين حبيبات التربة

$\phi$  : Internal Friction angle  
"Angle of repose"

$C, \phi$  : Shear Parameters



### ✱ Soil Shear Strength :-

$$\tau = C + \sigma_n \tan \phi$$

Where :-

$\tau$  : Soil shear Strength  
اقصى مقاومة للقص عند مستوى الانهيار

$\sigma_n$  : Normal stress acting at failure plan



## \* Shear parameters for different soil conditions :-

- تختلف  $C, \phi$  باختلاف حالة التربة فإذا كانت :-

① Cohesionless soil :- [ $\phi$ -soil]

$$C = 0, \quad \phi = \checkmark\checkmark$$

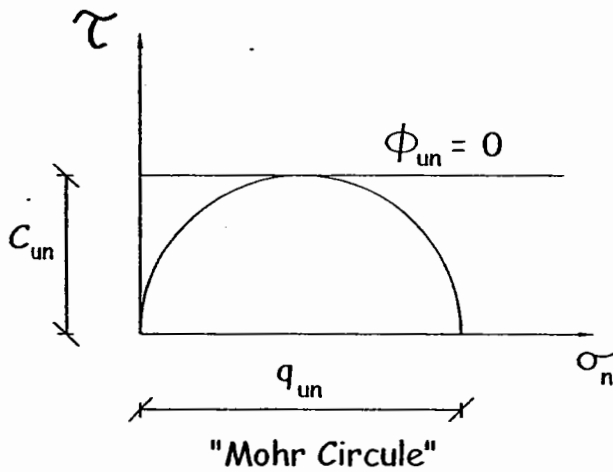
② Cohesive Soil :- ولها حالتان

└─ ① Undrained Condition :- [ $C$ -soil]

"Short term condition"

"Just after construction"

- فى هذه الحالة يتم التحميل على تربة متماسكة مشبعة بمعدل سريع وبالتالي لا تنضغط التربة ولا يخرج الماء الموجود بفراغات التربة.



$$\bullet \quad C = C_{un} = \frac{q_{un}}{2}$$

$$\bullet \quad \phi = \phi_{un} = 0$$

Where :  $q_{un}$  = Unconfined compressive strength

└─ ② Drained Condition :- "Long term condition"

- بعد تحميل التربة لزمان طويل يبدأ الماء بالخروج من فراغات التربة

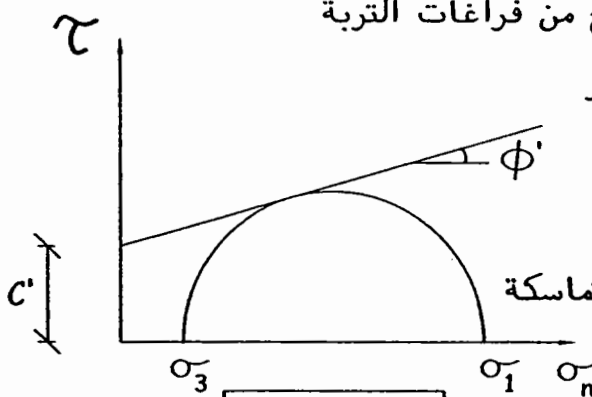
وتبدأ الحبيبات بالاقتراب من بعضها البعض فتتغير

خواص التربة مع الزمن

من  $C_{un}, \phi_{un}$  الى  $C', \phi'$

- تسمى ظاهرة خروج الماء من فراغات التربة المتماسكة

بظاهرة الـ "Consolidation".



$$\bullet \quad C = C'$$

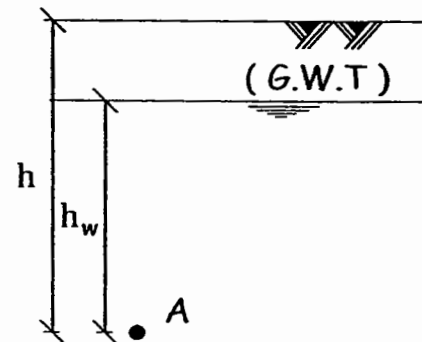
$$\bullet \quad \phi = \phi'$$

## \* Different Stresses at a point :-

### ① Total Stress :-

$$\sigma_{TA} = \gamma_{Total} * h$$

$$\gamma_{Total} = \begin{cases} \gamma_{bulk} \text{ or } \gamma_{dry} & (\text{above G.W.T}) \\ \gamma_{sat.} & (\text{below G.W.T}) \end{cases}$$



### ② Pore water pressure :-

$$\mu_A = \gamma_w * h_w$$

### ③ Effective stress :- $\sigma'$

$$\sigma'_A = \gamma_{eff.} * h$$

$$\gamma_{eff.} = \begin{cases} \gamma_{bulk} \text{ or } \gamma_{dry} & (\text{above G.W.T}) \\ \gamma_{sub.} & (\text{below G.W.T}) \end{cases}$$

Note :-

$$\begin{aligned} \gamma_w &= 10 \text{ KN/m}^3 \\ &= 1 \text{ t/m}^3 \\ &= 1 \text{ gm/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\gamma_{sub.} = \gamma_{sat.} - \gamma_w$$

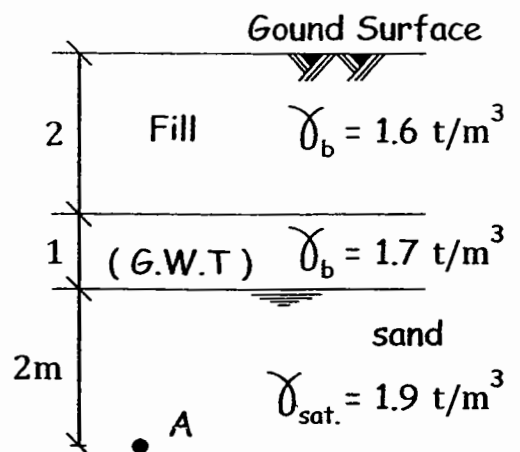
### Example :-

$$\sigma_{TA} = 2 * 1.6 + 1 * 1.7 + 2 * \overbrace{(1.9)}^{\gamma_{sat.}} = 8.7 \text{ t/m}^2$$

$$\mu_A = 2 * 1 = 2 \text{ t/m}^2$$

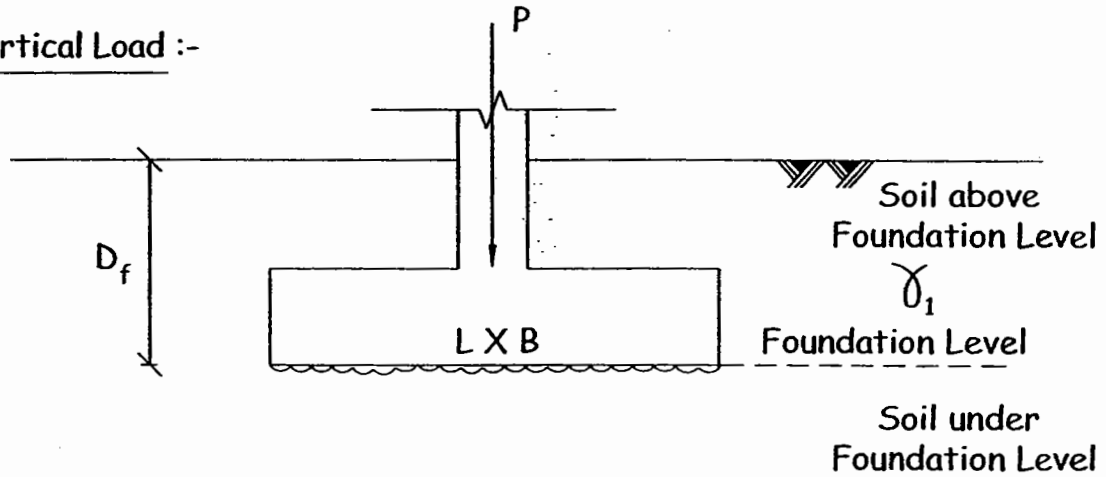
$$\sigma'_A = \sigma_{TA} - \mu_A = 8.7 - 2 = 6.7 \text{ t/m}^2$$

$$\text{or } \sigma'_A = 2 * 1.6 + 1 * 1.7 + 2 * \overbrace{(0.9)}^{\gamma_{sub.}} = 6.7 \text{ t/m}^2$$



## \* Bearing Capacity of soil :-

### ① Vertical Load :-



- لحساب أقصى إجهاد  $q_{ult. gross}$  يمكن أن تتحملة التربة كالآتي :-

$$q_{ult. gross} = C \cdot N_c \cdot \lambda_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot \lambda_q + \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \lambda_\gamma$$

$\gamma_2$

$C$   
 $\phi$

Where :

$$\left. \begin{aligned} \lambda_c, \lambda_q &= 1 + 0.3 \frac{B}{L} \\ \lambda_\gamma &= 1 - 0.3 \frac{B}{L} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{معاملات تعتمد على شكل القاعدة} \\ &\text{( انظر الكود المصرى الجزء الثالث )} \end{aligned}$$

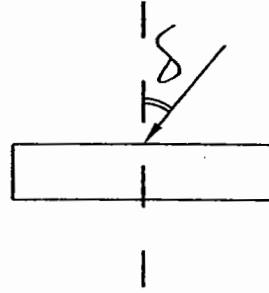
$B$  = width of footing      البعد الاصغر

$L$  = length of footing      البعد الاكبر

$N_c, N_q, N_\gamma$  = معاملات تعتمد على  $\phi$  يمكن الحصول عليهم  
عن طريق معادلات او جداول فى الكود

Special Case :-

$$\text{At } \phi = 0 \Rightarrow \begin{array}{|c|} \hline N_c = 5 \\ N_q = 1 \\ N_\gamma = 0 \\ \hline \end{array} \rightarrow \text{حفظ}$$

② Inclined Loads :-

$$q_{ult. gross} = C \cdot N_c \cdot \lambda_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q \cdot \lambda_q \cdot i_q + \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \lambda_\gamma \cdot i_\gamma$$

Where :

$i_c, i_q, i_\gamma =$  معاملات تعتمد على زاوية ميل الحمل على الاتجاه الرأسى  $\delta$   
وهى دائما اقل من 1 .  
تختلف طرق حسابها باختلاف حالة التربة .

بعد حساب  $q_{ult. gross}$  يتم حساب  $q_{ult. net}$  كالاتى :-

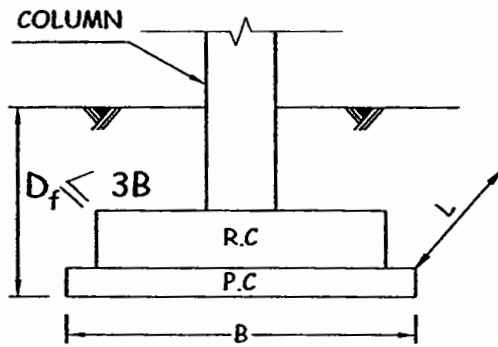
$$q_{ult. net} = q_{ult. gross} - \gamma_1 D_f$$

$$q_{all. net} = \frac{q_{ult. net}}{F.O.S}$$

ويتم التصميم على  $q_{all. net}$  كما سنرى لاحقا .

## ✧ Design of Shallow Footings ✧

### ✧ Introduction:-



- يهدف هذا الكورس الى كيفية تعلم تصميم القواعد الخرسانية المسلحة المختلفة.

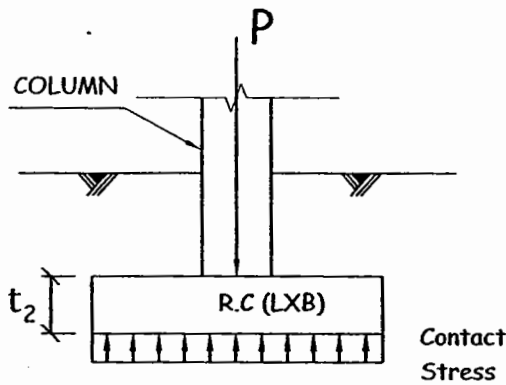
- وظيفة القاعدة هو تحويل حمل العمود من حمل مركز على التربة الى اجهاد

From point or line load → Stress on soil

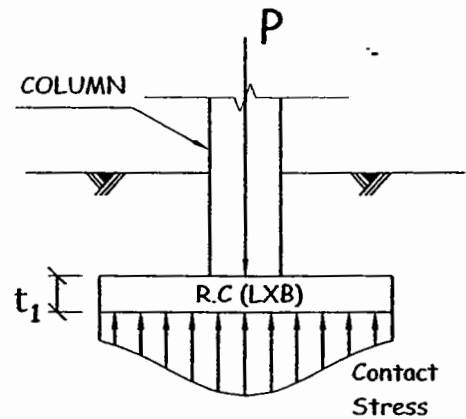
### ✧ Basic assumptions of footings design:

- يعتمد التصميم البسيط للقواعد الخرسانية على خلق اجهاد منتظم التوزيع على القاعدة يمثل رد فعل تربة التأسيس.

- ويمكن تحقيق ذلك عن طريق جعل القاعدة Rigid عن طريق اختيار سمك كبير للقاعدة.



- Footing (2)
- Dimensions (L X B)
- Column load (P)
- $t_2$
- Rigid Footing
- Uniform Contact stress



- Footing (1)
- Dimensions (L X B)
- Column load (P)
- $t_1$
- Flexible Footing
- Non Uniform Contact stress

$$t_2 \gg t_1$$

✱ يجب تحقيق الشرطين التاليين عند التصميم :-

١ - لا يحدث انهيار نتيجة تعدى الاجهاد المباشر قيم اجهادات التربة المسموح بها

$$q < q_{all.}$$

Where : -

$$- q = \frac{P}{L \times B} = \text{Actual stress on soil}$$

P.C.                      P.C.

$$- q_{all.} = \text{Allowable Bearing Capacity of soil}$$

٢ - ان تكون قيم الهبوط الكلى لا يتعدى القيم المسموح بها

$$S < S_{all.}$$

وسيتم دراسة هذه الشروط بالتفصيل لاحقا

✱ Loads acting on footing:-

[A] Loads from Superstructure:

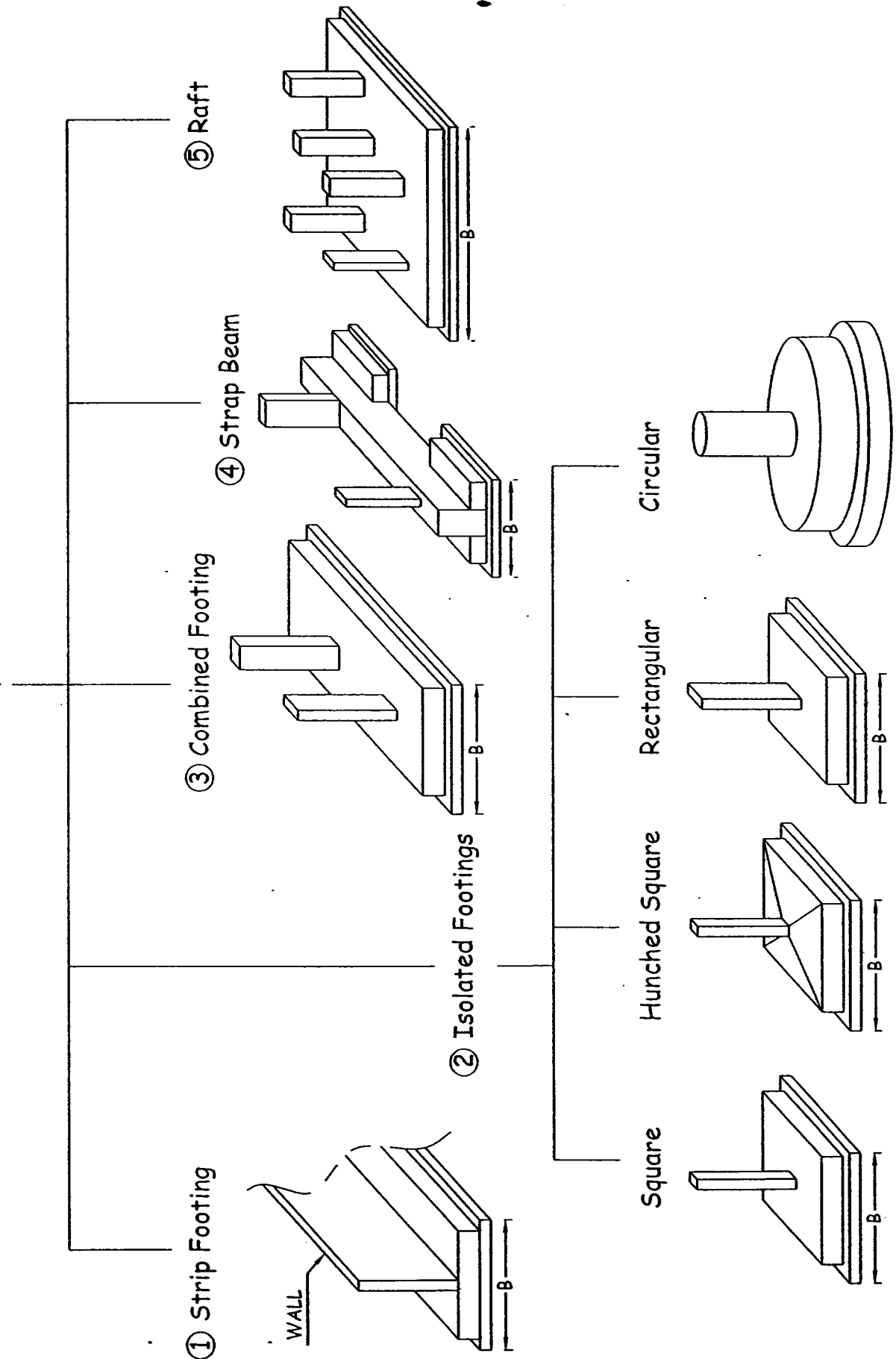
- 1) Dead loads.
- 2) Live loads.
- 3) Wind loads.
- 4) Seismic loads.

[B] Loads from Subsoil condition:

- 1) Lateral or uplift forces on the footing elements due to high water table.
- 2) Swelling pressures on footings in expansive soils.

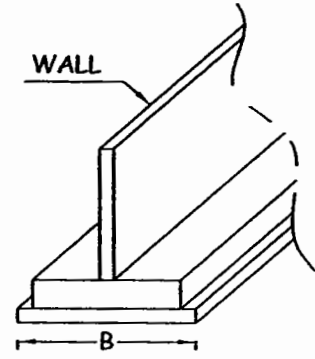


## \* Types of Shallow Foundations: \*



**1 Strip Footing:-**

-وهى قواعد طولية يتم عملها لتحمل الحوائط والاسوار.

**2 Isolated Footings:**

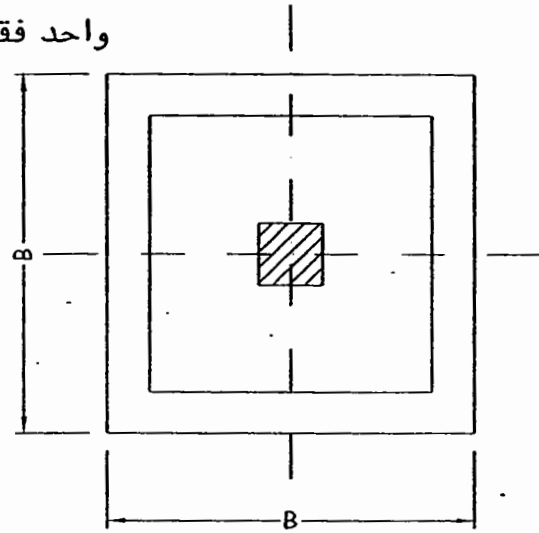
القواعد المنفصلة

قواعد ذات مساحة محددة وتقوم بحمل عمود واحد فقط .

**2-a) Square isolated footing:**

ونستخدمها لـ :-

- عمود مربع.
- عمود دائري.
- ويمكن استخدامها للعمود المستطيل ، ولكن غير مفضل.

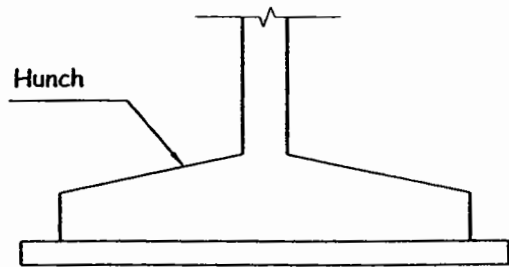
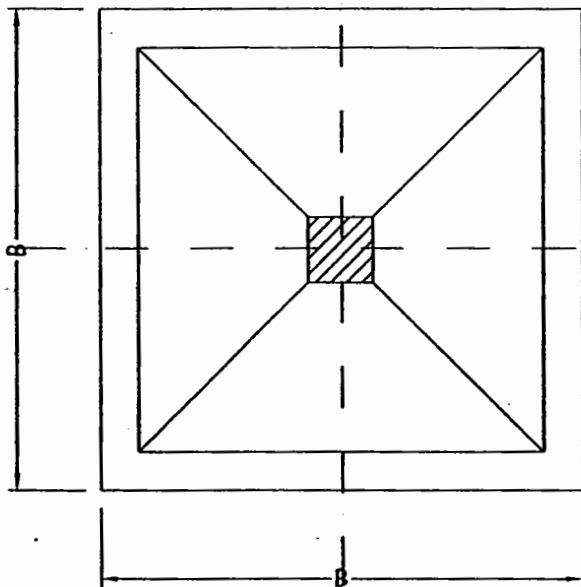
**2-b) Hunched Square isolated footings:**

-هى قواعد منفصلة مربعة ذات سمك متغير (كبير اسفل العمود ويقل للخارج) وتستخدم مع الاعمدة ذات الاحمال الكبيرة جدا مثل اعمدة الكبارى.

-حيث بدلا من تنفيذ قاعدة بسمك كبير على كامل

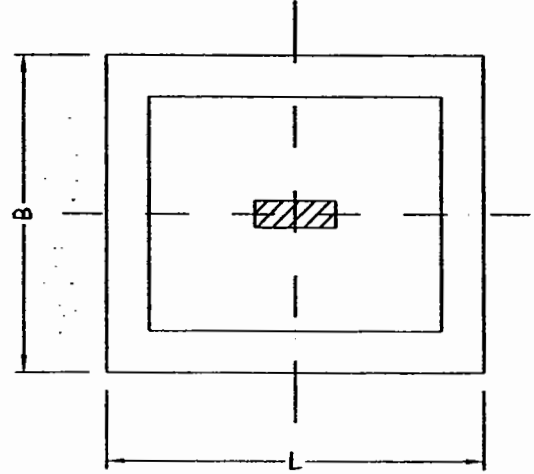
ابعاد القاعدة نتيجة الحمل الكبير المؤثر

يتم عمل Hunch للتوفير .

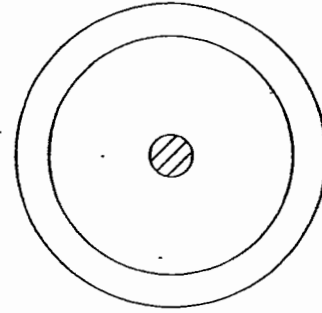


**2-c) Rectangular isolated footing:**

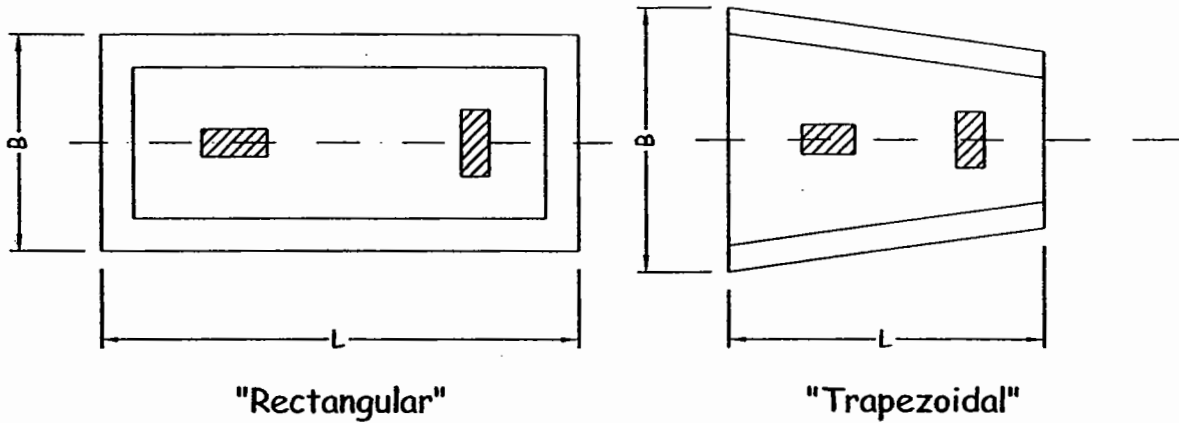
- ونستخدمها ل :-  
 -عمود مستطيل  
 -عمود مربع ولكن غير مفضلة.

**2-d) Circular isolated footing:**

- تستخدم فقط مع الاعمدة الدائرية.  
 -وهي صعبة التنفيذ ومكلفة لذلك يستخدم منها القواعد المربعة.

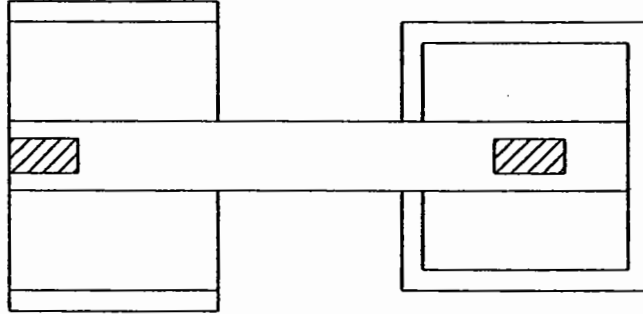
**3 Combined Footings: القواعد المشتركة**

- هي قواعد تنفذ لتحمل عمودين ولها شكلان:-

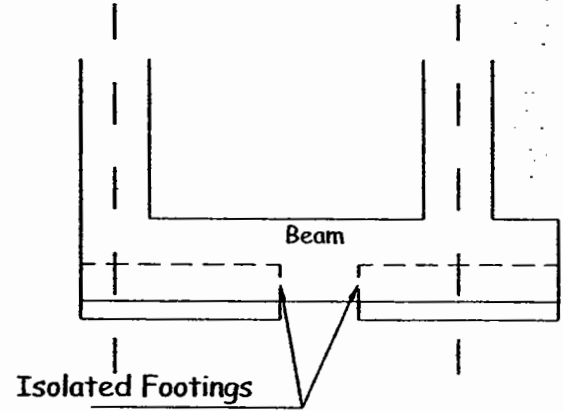


#### 4 Strap Beam:

- هي كمره عميقة (مقلوبة) تتحمل عمودين وتربطهما سويا ثم ترتكز على قاعدتين منفصلتين.



PLAN



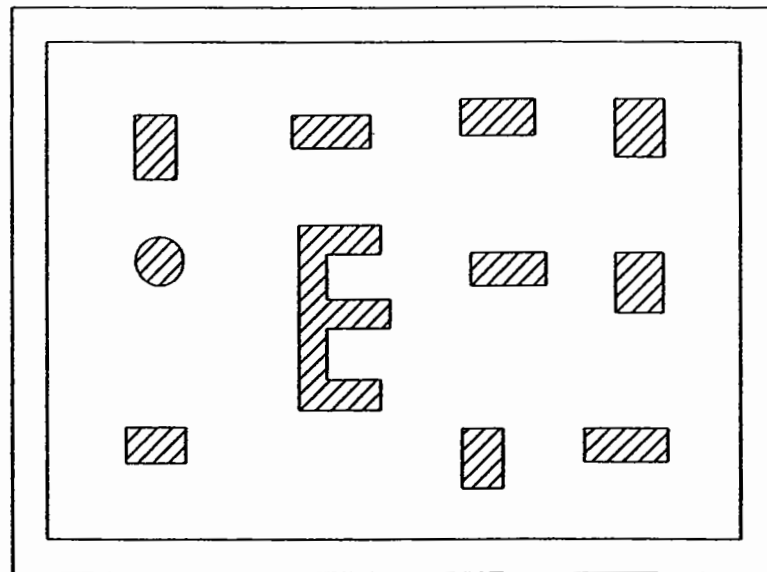
ELEVATION

#### 5 Raft:

الليشة

- هي قاعدة واحدة تتحمل جميع اعمدة المنشأ بكافة اشكال الاعمدة وكذلك ال cores , shear walls

- وتتفد عندما تكون مساحة القواعد اكبر من ٥٠٪

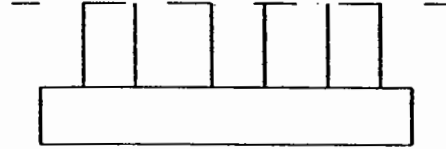


PLAN

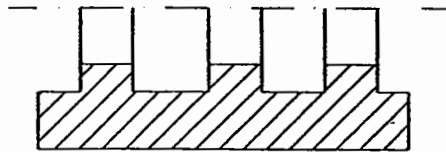
### ✱ Types of Raft Foundation:-

#### 1) Flat Plate :-

وتنفذ فى حالة الاحمال العادية

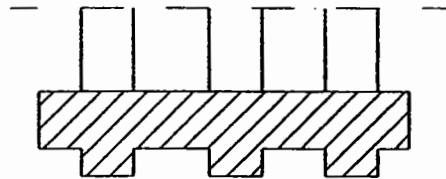


#### 2) Beams and slabs:-



#### 3) Flat plate thickened under columns : (like drop panels in flat slabs)

وتنفذ فى حالة الاحمال الكبيرة



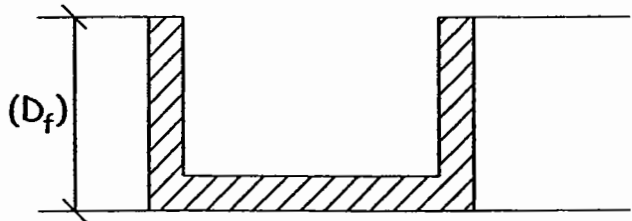
#### 4) Floating Raft:

تستخدم فى حالة التربة الضعيفة

مثل Very soft clay

والتي يكون لها Bearing Capacity

ضعيفة جدا .



الفكرة هى تحديد منسوب التأسيس ( $D_f$ ) على عمق معين بحيث ان عند هذا العمق تكون

احمال المبنى مساوية لحجم التربة المزاح Volume filled with soil

فيكون محصلة الاحمال على ال Raft اقل ما يمكن .

## ❖❖ Components of shallow foundations:

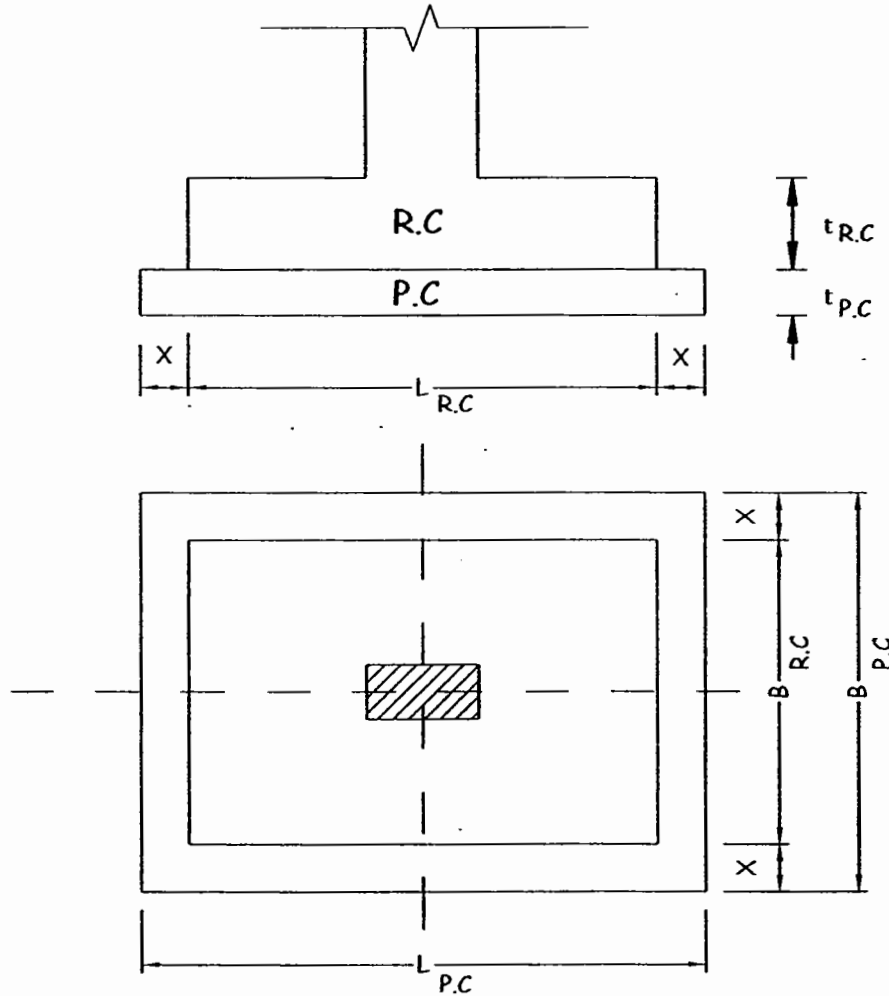
- تتكون اى قاعدة من جزئين رئيسين:-

1- Plain concrete footing (P.C).

خرسانة عادية دون تسليح

2- Reinforced concrete footing (R.C).

خرسانة مسلحة



❖ وظيفة القاعدة العادية (P.C):-

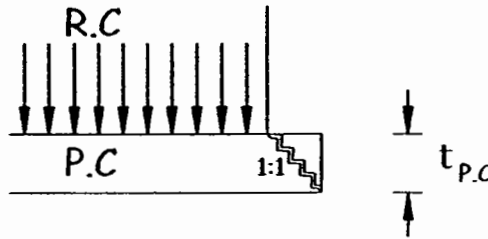
- ① تكون بمثابة فرشاة اسفل القاعدة المسلحة لضمان تسوية السطح الذى سوف يرص عليه حديد التسليح.
- ② وجود القاعدة العادية يحسن كثيرا من توزيع اجهاد القاعدة من حمل العمود على تربة التأسيس.
- ③ ليكون الحديد بعيدا عن حبيبات التربة لما قد تحمله التربة من املاح قد تؤدي الى صدأ الحديد.

✱ ملحوظة هامة جدا :-

- نلاحظ انه دائما تكون ابعاد القاعدة العادية ( $L_{P.C}$ ,  $B_{P.C}$ ) تكون اكبر من ابعاد القاعدة المسلحة ( $L_{R.C}$ ,  $B_{R.C}$ ) بمقدار (X) من كل ناحية.

- حيث المسافة (X) تمثل بروز القاعدة العادية عن المسلحة , وتؤخذ بما يكفى لمنع حدوث انهيار بالقص على هذا الجزء (البروز).

Diagonal tension failure due to stress concentration at P.C footing lower corner



$$X = \frac{t_{P.C}}{2} \rightarrow t_{P.C} \Rightarrow \boxed{\text{take } X = t_{P.C}}$$

- وبالتالي تكون العلاقة بين ابعاد القاعدتين المسلحة والعادية دائما كالآتي :-

$$L_{R.C} = L_{P.C} - 2t_{P.C}$$

$$B_{R.C} = B_{P.C} - 2t_{P.C}$$

or

$$L_{P.C} = L_{R.C} + 2t_{P.C}$$

$$B_{P.C} = B_{R.C} + 2t_{P.C}$$

حفظ

## ❖❖ Ultimate Limit Design of Footings:

### 1 Ultimate Loads:

- $P_u = 1.5 P_w = 1.5(P_{D.L} + P_{L.L}) \longrightarrow$  in case of  $P_{L.L} < 75\% P_{D.L}$
- $P_u = 1.4 P_{D.L} + 1.6 P_{L.L} \longrightarrow$  in case of  $P_{L.L} > 75\% P_{D.L}$

### 2 Design of Sections under flexure:

-تصميم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء :- ( بطريقة  $C_1, J$  )

$$d_{(mm)} = C_1 \sqrt{\frac{M_{(KN.m)} * 10^6}{f_{cu (N/mm^2)} * B_{(mm)}}}$$

-اى بعد فى القطاعات الخرسانية ( قواعد- كمرات - بلاطات - اعمدة )  
بالسم يجب ان يقبل القسمة على 5 cm وبالتالى تقرب لاقرب 5 cm بالزيادة.

Example:  $t_{calc.} = 82_{cm} \longrightarrow$  take it =  $85_{cm}$

$L = 2.18_m \longrightarrow$  take it =  $2.20_m$



### 3 Allowable Stresses of concrete:

①  $q_{scu}$  = Allowable shear stress in foundations

$$= 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \text{ N/mm}^2$$

- 0.16 وليس 0.24 حيث ان في القواعد لا يتم عمل كانات بسبب صعوبة تنفيذها.

②  $q_{pcu}$  = Allowable punching shear stress in foundations

$$= 0.316 \left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \text{ N/mm}^2$$

where: -  $a$  = width of column  
-  $b$  = length of column

but  $\frac{a}{b} \nlessgtr 0.5$

if  $\frac{a}{b} > 0.5 \rightarrow \text{taken} = 0.50$

### ❖❖ Requirements for Design of Shallow Foundations:

#### \* Givens:-

- لتصميم اي قاعدة لابد من توافر المعلومات الآتية :-

- ① Column Load . حمل العمود
- ② Column Dimensions . ابعاد العمود
- ③ Allowable bearing capacity. ( $q_{all}$ )
- ④  $t_{p.c}$  or assumed.
- ⑤  $F_{cu}$ ,  $F_y$  or assumed.

25 N/mm<sup>2</sup>      360 N/mm<sup>2</sup>

❖ ملحوظة مامة جدا :-

- اذا لم تكن ابعاد العمود معطاه فانتا لا تفرضها ولكن نعمل working design for column

where:-

$$A_{col.} = \frac{P_{col. working}}{F_{C_0}} = a * b \text{ (mm)}$$

حفظ

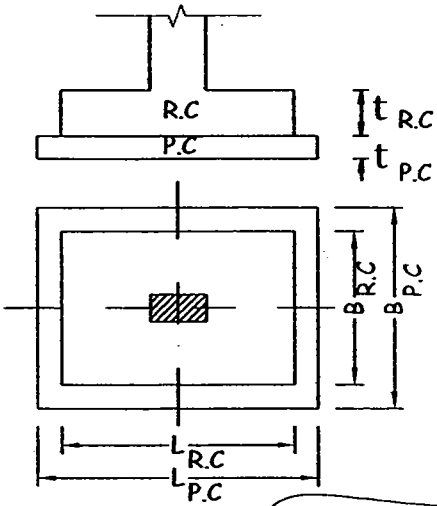
where:-  $F_{C_0} = 6 - 7 \text{ N/mm}^2$  = مقاومة الخرسانة للضغط المحوري

$a$  = width of column ( $a \nlessgtr 250\text{mm}$ ),

$b$  = length of column ( $b \nlessgtr 5a$ ).

## Concrete Dimensions of Shallow Foundations:

المبادئ الأساسية لحسابات ابعاد اى قاعدة:-

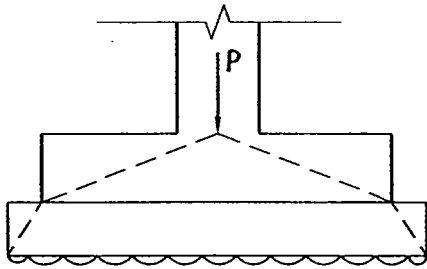


- ①  $t_{P.C.}$  is given or assumed 10—40 cm
- ② Area of footing: "in case of normal force"

$$f_{act.} = \frac{P}{A} = q_{all.}$$

$$\therefore \frac{P_{col. working}}{q_{all.}} = \text{Area of footing (min.) (m}^2\text{)}$$

$A_{P.C.}$   
if  $t_{P.C.} \geq 20 \text{ cm}$   
" $L_{P.C.} * B_{P.C.}$ "



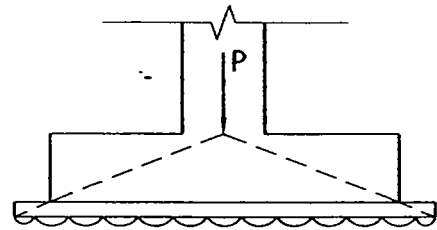
$t_{P.C.} \geq 20 \text{ cm}$

-عند استخدام قاعدة عادية ذات سمك  $t_{P.C.}$  كبير فان حمل العمود يتوزع داخل القاعدة المسلحة ثم يعاد توزيعه داخل القاعدة العادية نظرا لوجود المسافة الكافية  $t_{P.C.}$  لتوزيع الاجهاد ثم بعد ذلك ينتقل الاجهاد للتربة.

$$\therefore f_{act.} = \frac{P}{A_{P.C.}} = q_{all.}$$

$$\therefore A = \frac{P}{q_{all.}} = A_{P.C.}$$

$A_{R.C.}$   
if  $t_{P.C.} < 20 \text{ cm}$   
" $L_{R.C.} * B_{R.C.}$ "



$t_{P.C.} < 20 \text{ cm}$

-عند استخدام قاعدة عادية ذات سمك  $t_{P.C.}$  صغير فان حمل العمود يتوزع داخل القاعدة المسلحة ثم ينتقل مباشرة (تقريبا) الى تربة التأسيس دون اعادة توزيع داخل القاعدة العادية نظرا لعدم وجود المسافة الكافية  $t_{P.C.}$  لاعادة توزيع الاجهاد.

$$\therefore f_{act.} = \frac{P}{A_{R.C.}} = q_{all.}$$

$$\therefore A = \frac{P}{q_{all.}} = A_{R.C.}$$

- ③  $t_{R.C.}$  and reinforcement " $A_s$ ":

-نحصل عليهما من خلال خطوات تصميم مقاطعات القاعدة المسلحة

## ❖❖ Minimum Requirement of R.C Footings:

- يجب الا تقل ابعاد وتسليح القواعد الخرسانية المسلحة عن الاتي:-

•  $B_{R.C \text{ Minimum}} = 80 \text{ cm}$

For Example: اصغر قاعدة منفصلة هي

•  $t_{R.C \text{ Minimum}} = \begin{cases} 30 \text{ cm} \\ a \end{cases}$

$(0.80 * 0.80 * 0.30) \text{ m}$

with  $A_s = 5\phi 12/\text{m}'$

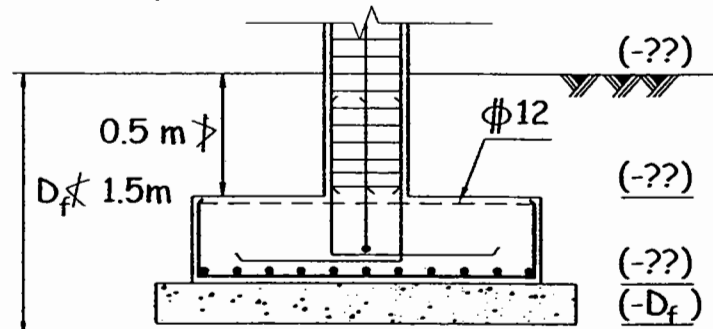
in both directions

البعد الاصغر للعمود

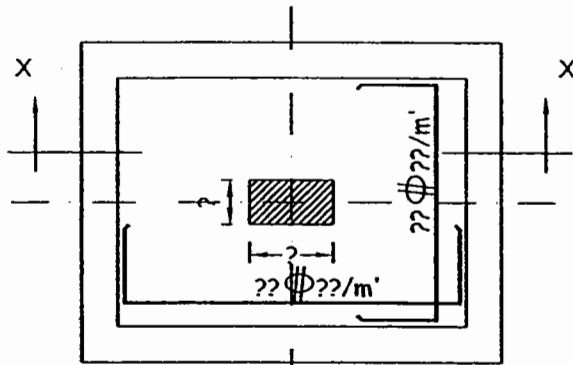
•  $A_{s \text{ min.}} = 1.5 * d_{(mm)}$   
 $\text{mm}^2/\text{m}'$  or  $5\phi 12/\text{m}'$

## ❖❖ Details of Shallow Foundations:

- ملاحظات عامة على تفاصيل رسم القواعد:-



SEC. (X-X)



PLAN

① Draw a PLAN and X-Section with scale of 1:100 or 1:50 (Recommended).

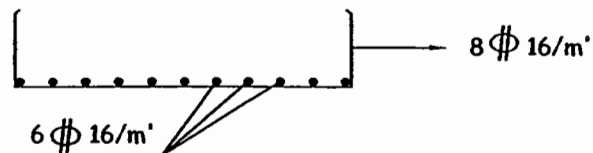
② Take  $D_f = 1.50 \text{ m}$  (unless other noticed in the problem).  
 or not less than 0.8m

③ In X-Section, we have to write every level for:

- Foundation level.
- Top surface of P.C footing.
- Top surface of R.C footing.
- Ground level.

④ يجب مراعاة الأتي في ال x-sec.

- رسم حديد التسليح في الاتجاهين وكتابة قيمة التسليح عليه.



- الحديد فى الاتجاه العرضى يرسم بالتقريب بما يماثل العدد المطلوب.

- يجب مراعاة وضوح ال cover = 7cm

- يجب رسم حديد العمود بالتقريب من غير تصميم

بما يتناسب مع عرض العمود المرسوم.

- يجب توضيح أماكن توقيف حديد العمود للأشبار.

- لا تنسى توضيح كانات العمود بالتقريب  $6 \text{ } \phi 8/m'$ .

- دائما حديد القواعد يكون سفلى فى الحالات الآتية :-

\* Strip Footings.

\* Isolated Footings.

- يكون حديد القواعد سفلى + على فى الحالات الآتية :-

\* Strip Footings.

\* Isolated Footings.

\* Combined Footings.

\* Strap Beam.

in case of  $t_{R.C} \geq 100 \text{ cm}$

حيث توضع شبكة

علوية  $5 \text{ } \phi 12/m'$

- يوضع سيخ تربيط  $1 \text{ } \phi 12$  لقمة الأسياخ فقط فى حالة القواعد المنفصلة.

- أقل قطر سيخ يمكن استخدامه فى القواعد هو  $12 \text{ } \phi$  وأقل عدد للأسياخ فى المتر هو 5

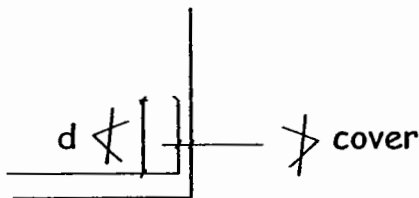
وأكبر عدد هو 10.

⑤ يجب مراعاة الآتى فى ال plan :-

- رسم القاعدة العادية والمسلحة.

- رسم محاور العمود مع توقيف العمود بأبعاده ولا تنسى تهشير العمود.

- تفريد الحديد فى الاتجاهين مع مراعاة ال cover وأن رجل السيخ لا تزيد عن ال depth.



- كتابة قيم التسليح على الاسياخ  $?? \phi ??/m'$

- وضع أبعاد كاملة لل

Column, P.C footing and R.C footing.